

**Тема. Дослідження рівноваги тіл під дією кількох сил.**

Теоретичні відомості та практичні поради

Згідно з правилом моментів, тіло перебуває у стані рівноваги, якщо алгебраїчна сума моментів, прикладених до тіла сил відносно будь-якої осі обертання, дорівнює нулю:

$$M_1 + M_2 + \dots + M_i = 0.$$

Моментом сили називають добуток модуля сили на її плече:

$$M = F \cdot l.$$

Під плечем розуміють найкоротшу відстань від осі обертання до лінії дії сили (перпендикуляр, опущений з осі обертання на лінію дії сили).

Моментом сил, що обертають тіло проти годинникової стрілки, прийнято приписувати знак «мінус», за годинниковою стрілкою – «плюс».

У роботі використовують важіль з важками та динамометром, а також пристрій для перевірки правила моментів сил (див. рисунок).

Диск обертається на металевій осі, закріпленій у штативі. У різних місцях диска поміщені, недалеко один від одного, стержні для підвісу тягарців. Нитку одного з тягарців перекидають через блок, закріплений на другому штативі. Для більш точного вимірювання плечей у центрі диска підвішують висок. Коли диск перейде у стан рівноваги, вимірюють довжину плечей  $l_1$ ,  $l_2$ ,  $l_3$  для кожної сили  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$ . Визначають моменти сил  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$  та їх алгебраїчну суму.



Малюнок 1

**Тема. Дослідження рівноваги тіл під дією кількох сил.**

**Мета:** перевірити рівновагу тіла під дією кількох сил, навчитися вимірювати моменти сил.

**Обладнання:** лінійка (бігова доріжка), тягарці, динамометр, штативи, важіль, диск, висок.

Виконання роботи

1. Зрівноважую важіль на штативі за допомогою розташованих на кінцях гайок.
2. Підвішую два тягарці до лівої частини важеля на відстані (приблизно) 15 см від осі обертання. На правій частині важеля прикріплюю динамометр та зрівноважую важіль. Визначаю довжину плечей сил  $l_1$  і  $l_2$ , вагу тягарців  $P$ , покази динамометра  $F$ :

$$l_1 = \underline{\hspace{2cm}}; \quad l_2 = \underline{\hspace{2cm}}; \quad P = \underline{\hspace{2cm}}; \quad F = \underline{\hspace{2cm}}.$$

3. Обчислюю моменти сил:

$$M_1 = F \cdot l_1; M_1 = \underline{\hspace{2cm}} \cdot \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$M_2 = P \cdot l_2; M_2 = \underline{\hspace{2cm}} \cdot \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

4. Результати вимірів та обчислень записую до таблиці:

Таблиця 1

Сила, яка діє на ліву частину важеля $F$ , Н	Плече $l_1$ , м	Сила, яка діє на праву частину важеля $P$ , Н	Плече $l_2$ , м	Момент сили $F$ : $M_1$ , Н·м	Момент сили $P$ : $M_2$ , Н·м

5. Порівнюю відношення  $\frac{M_1}{M_2}$  з одиницею та роблю висновок про перевірку правила моментів:

$$\frac{M_1}{M_2} = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}}.$$

6. Висновок:

7. Знімаю з важеля тягарці. У двох місцях лівої частини важеля підвішую відповідно по одному тягарцю, а до правої – два тягарці (разом) так, щоб важіль був у рівновазі (див. мал.). Визначаю довжину плечей та вагу тягарців, обчислюю моменти сил, встановлюю напрямок обертання тіла:

$$l_1 = \underline{\hspace{2cm}}; \quad l_2 = \underline{\hspace{2cm}}; \quad l_3 = \underline{\hspace{2cm}};$$

$$P_1 = \underline{\hspace{2cm}}; \quad P_2 = \underline{\hspace{2cm}}; \quad P_3 = \underline{\hspace{2cm}};$$

$$M_1 = P_1 \cdot l_1; \quad M_1 = \underline{\hspace{2cm}} \cdot \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$M_2 = P_2 \cdot l_2; \quad M_2 = \underline{\hspace{2cm}} \cdot \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$M_2 = P_3 \cdot l_3; \quad M_3 = \underline{\hspace{2cm}} \cdot \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

8. Обчислюю алгебраїчну суму моментів сил: \_\_\_\_\_ + \_\_\_\_\_ + \_\_\_\_\_ = \_\_\_\_\_ .

9. Результати вимірів та обчислень записую до таблиці:

Таблиця 2

Сила $P_1$ , Н	Плече $l_1$ , м	Момент сили $M_1$ , Н·м	Сила $P_2$ , Н	Плече $l_2$ , м	Момент сили $M_2$ , Н·м	Сила $P_3$ , Н	Плече $l_3$ , м	Момент сили $M_3$ , Н·м

10. Висновок:

---

Додаткове завдання

---

Визначити умови рівноваги твердого тіла, яке має вісь обертання.



Малюнок 2

1. Диск, що обертається на металевій осі, закріплюю у штативі. Підвішую зліва і справа від осі обертання тягарці. Одну з ниток перекидаю через нерухомий блок (див. мал.).

2. Переміщенням муфти штатива (з закріпленим нерухомим блоком), вздовж осі штатива, домагаюся рівноваги твердого тіла (диска).

3. Виконую необхідні вимірювання та обчислення:

$$l_1 = \underline{\hspace{2cm}}; \quad l_2 = \underline{\hspace{2cm}}; \quad l_3 = \underline{\hspace{2cm}};$$

$$P_1 = \underline{\hspace{2cm}}; \quad P_2 = \underline{\hspace{2cm}}; \quad P_3 = \underline{\hspace{2cm}};$$

$$M_1 = P_1 \cdot l_1; \quad M_1 = \underline{\hspace{2cm}} \cdot \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$M_2 = P_2 \cdot l_2; \quad M_2 = \underline{\hspace{2cm}} \cdot \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$M_3 = P_3 \cdot l_3; \quad M_3 = \underline{\hspace{2cm}} \cdot \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

4. Визначаю моменти сил, які діють за та проти годинникової стрілки:

5. Результати вимірів та обчислень записую до таблиці:

Таблиця 2

Сила $P_1, \text{Н}$	Плече $l_1, \text{м}$	Момент сили $M_1, \text{Н}\cdot\text{м}$	Сила $P_2, \text{Н}$	Плече $l_2, \text{м}$	Момент сили $M_2, \text{Н}\cdot\text{м}$	Сила $P_3, \text{Н}$	Плече $l_3, \text{м}$	Момент сили $M_3, \text{Н}\cdot\text{м}$

6. Обчислюю алгебраїчну суму моментів сил:  $\underline{\hspace{2cm}} + \underline{\hspace{2cm}} + \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}}$ .

7. Висновки:

8. Аналізую результати експериментів:

Роботу виконав учень \_\_\_\_\_ класу

Роботу перевірів вчитель \_\_\_\_\_